

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

MARIANA LINS DE OLIVEIRA CAMPOS

**Ecofisiologia da germinação e mobilização de reservas em duas
espécies de Euphorbiaceae presentes na Caatinga Pernambucana**

Recife
2014

MARIANA LINS DE OLIVEIRA CAMPOS

Ecofisiologia da germinação e mobilização de reservas em duas espécies de Euphorbiaceae presentes na Caatinga Pernambucana

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Biologia Vegetal

Orientador: Profº Dr. Marcelo Francisco Pompelli

Coorientador: Prof Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes

Recife
2014

Catálogo na Fonte:
Bibliotecária Elaine Cristina Barroso, CRB-4/1728

Campos, Mariana Lins de Oliveira

Ecofisiologia da germinação e mobilização de reservas em duas espécies de Euphorbiaceae presentes na caatinga pernambucana / Mariana Lins de Oliveira Campos. – Recife: O Autor, 2014.

47 f.:il., fig., tab.

Orientador: Marcelo Francisco Pompelli

Coorientador: Rômulo Simões Cezar Menezes

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Biologia Vegetal, 2014.

Inclui referências e anexo

1. Euphorbiaceae 2. Ecofisiologia vegetal 3. Biocombustíveis I. Pompelli, Marcelo Francisco (orient.) II. Menezes, Rômulo Simões Cezar (coorient.) III. Título

583.69

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2017-436

MARIANA LINS DE OLIVEIRA CAMPOS

“ECOFISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO
E MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS EM DUAS
ESPÉCIES DE EUPHORBIACEAE PRESENTES NA
CAATINGA PERNAMBUCANA”.

APROVADO EM: 18/02/2014

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Marcelo Francisco Pompelli (Orientador) – UFPE

Dr. Wener Camargos Antunes – UEM

Dr. Laurício Endres – UFAL

Recife – PE

2014

A minha mãe,

Iolanda Lins de Oliveira, por todo apoio
e incentivo durante minhas batalhas.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus que me deu forças para ultrapassar todas as dificuldades e alcançar os meus objetivos.

A minha mãe, Iolanda Lins de Oliveira, que sempre esteve presente e interessada em saber o que eu estava fazendo, porque e para que! Por todo esforço que ela fez para que eu pudesse chegar onde cheguei. Te amo mãe.

Aos meus queridos tios, Edileuza Duque Silva e Gilmar da Silva, por sempre estarem presentes em minha vida e por todo amor, carinho e apoio que sempre me deram. E pelo lindo exemplo de seriedade e competência que me inspiram.

Aos meus amados irmãos de coração, Rodrigo Duque e Anna Luisa Duque, por toda felicidade, diversão, e companheirismo que só cresce a cada dia.

A minha “segunda mãe”, Fátima Silva e seus filhos, Rafael e Júlia, que mesmo um pouco distantes nunca deixaram de me apoiar e incentivar.

Ao meu orientador, Marcelo Francisco Pompelli, por ter acreditado em mim desde o começo, e que ao longo dessa jornada de cinco anos sempre foi muito atencioso e disponível para dividir comigo seus conhecimentos.

Ao professor Rômulo Simões Cezar Menezes, pela confiança, apoio e ensinamentos.

Aos amigos eternos, Ariadne Duarte, Bruno Bastos, Gustavo Gusmão e Thiago Luiz, por todo apoio, carinho e demonstrações infinitas de amizade. Sem vocês a vida não seria doce.

Aos amigos que a biologia me trouxe, Kamilla Rodrigues, Rodrigo Regueira, Tatyana Augusto, Marianna Maldí, Gislaine Gonçalves, que mesmo nos distanciando em alguns momentos, nunca deixaram de acreditar em mim e me apoiar.

Aos meus amados amigos pirralhos que me matam de orgulho e sem os quais, em vários momentos, eu não saberia o que fazer, Silvia Santos, Rodolfo Ferreira, Bruno Lustosa, Fernando Sena, Millena Barboza e Laura Melo, por todo amor que me dão e por estarem presentes na alegria e na tristeza (mesmo que isso não seja um casamento!).

A Marciel Oliveira, meu irmãozinho científico, de signo e de alma! Pelo ótimo amigo, que é e nunca me faltou, sempre me ajudando (mesmo nos momentos de maior desespero!) e ensinando em cada segundo desses 5 anos de amizade.

A Bety Shiue, minha chinesinha preferida, que em todos esses anos me fez rir, me apoiou, incentivou e sempre me ajudou a crescer e mesmo de longe nunca me faltou. E a João Antônio que sempre se fez presente me ajudando a ser uma pessoa melhor, científica e pessoalmente.

A Maria Claudjane pela amizade, ensinamentos, risadas e por todo apoio sempre.

A Karla Figueiredo, por todas as conversas, ensinamentos e disponibilidade em ouvir minhas ladainhas e dúvidas a qualquer hora! Pelas gordices, shows, risadas e afins!

A Hiram Falcão, por toda ajuda, companheirismo e paciência! E claro, por todos os momentos de descontração e palavras de conforto quando a gente mais precisa.

As minhas companheiras de mestrado, Natália Corte Real, Lumena Duda e Ana Carolina Bastos, por tudo que passamos juntas, desde as farras até os momentos de desespero. Por todo apoio, sempre! Mesmo não trabalhando com coisas semelhantes, sempre estiveram dispostas a me ajudar, em aulas, em traduzir uma palavra impossível de um artigo, a desvendar o funcionamento de um equipamento, ou simplesmente pela companhia nos momentos mais difíceis. Conseguimos meninas!

A Naylis Nogueira, a pequena, que caiu do céu na minha vida e de cara se mostrou uma grande amiga, por todo apoio e palavras de conforto e estímulo que sempre me acalmaram e me trouxeram de volta a realidade e por toda ajuda e disponibilidade.

A todos os companheiros do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal (LEV), pela amizade, ensinamentos e apoio durante a minha caminhada. E também por toda ajuda física, seja macerando algo ou carregando um peso, lavando uma vidraria! Cada um de vocês teve uma participação singular para a concretização desse trabalho.

A Laurício Endres, Paul Lineker Amaral e Thiago Cândido do Laboratório de Fisiologia Vegetal da UFAL por toda ajuda com os frutos de pinhão manso e nas análises.

A Antônio Fernando de Moraes de Oliveira e Mariana Oliveira do Laboratório de Ecologia Aplicada e Fitoquímica pela disponibilidade e empenho em me ajudar em análises fundamentais para a conclusão desse trabalho e pela amizade que, com certeza, se estenderá por muito tempo.

A Bruno Silva, minha alma 'rêmela', por cada troca de conhecimentos, cada riso, pelos momentos de cantoria no skype e pela paciência nos meus sumiços nos momentos de corre-corre, apesar de todos os xingamentos!

A Marcela Tomaz, Déborah Oliveira, Maria Fabíola Barros, Isabelle Fernandes e Tatiane Calaça, por toda a ajuda científica e pessoal nesses anos de convívio. E a todos os demais da turma 2012 do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) que sempre se fizeram presentes.

A minha avó, Eulina Piedade Campos (*in memoriam*), que mesmo com o pouco tempo de convívio me amou intensamente e me ensinou a valorizar as coisas mais belas da vida.

A todos meus tios e primos baianos, que mesmo de longe se fazem sempre presentes e por todo amor e apoio que nunca faltaram.

Aos meus tios e primos maternos, sempre tão presentes e solícitos, que sempre me apoiaram e incentivaram.

As minhas tias de coração, Nira e Áurea, pelo amor, carinho, atenção e apoio que me fazem crescer a cada dia.

A família Ferreira Silvestre, que sempre esteve presente na minha caminhada, me ajudando e apoiando.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão de mais essa etapa e para o meu crescimento pessoal.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV), pela estrutura e suporte na minha formação.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

RESUMO

A necessidade de cultivo de determinadas espécies em diferentes ambientes faz com que os estudos de viabilidade e germinação de sementes sejam cada dia mais importantes e requisitados. Sementes de *Croton blanchetianus* e *Jatropha curcas*, estas últimas com adição de sílica gel, foram mantidas refrigeradas em embalagens de polipropileno e ao abrigo da luz. Em intervalos de 4 meses para *C. blanchetianus* e de 3 meses para *J. curcas*, amostras de sementes foram retiradas para avaliação da respiração das sementes, da concentração de carboidratos e proteínas solúveis totais, amido, aminoácidos livres totais, teor de óleo, sacarose, glicose e frutose, bem como o teor de água, viabilidade e porcentagem de germinação. Com o passar do tempo de estocagem, as sementes de *C. blanchetianus* apresentaram aumentos significativos em suas taxas de germinação e a estocagem com sílica gel não alterou negativamente a germinação as sementes de *J. curcas*. O tempo de estocagem também não afetou o teor de óleo em ambas as espécies. Independente da espécie estudada, as taxas de respiração apresentaram uma diminuição significativa com o passar do tempo de estocagem, mesmo que o teste de tetrazólio tivesse mostrado que as sementes se mantiveram viáveis durante todo período de estocagem.

Palavras-chave: biocombustíveis, pinhão manso, marmeleiro, estocagem de semente, teor de óleo

ABSTRACT

The need to cultivate certain species in different environments makes studies of seed viability and germination become more important and required each day. Seeds of *Croton blanchetianus* and *Jatropha curcas*, the last one with the addition of silica gel, were kept refrigerated in polypropylene containers and protected from light. At intervals of 4 months for *C. blanchetianus* and 3 months for *J. curcas*, seed samples were taken for assessment of seed respiration, concentration of soluble protein and carbohydrates, starch, free amino acids, oil content, sucrose, glucose and fructose, as well as the water content, viability and germination rate. It was observed that in the course of storage, seeds of *C. blanchetianus* showed significant increases in their germination rates and storage with silica gel did not significantly affect the germination rates of *J. curcas* seeds. The storage time did not affect the oil content in both species. Respiration rates of both species showed a significant decrease as the storage time has passed even with the tetrazolium test has shown that the seeds remain viable throughout the storage period.

Keywords: biofuels, physic nut, quince tree, seed storage, oil content.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Taxa de germinação (A), tempo médio de germinação (B), sincronia (C), Teor Relativo de Água (D) e Potencial hídrico (E) de sementes de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes tempos de estocagem. Letras diferentes denotam diferença significativa, ns = não significativo ($p \leq 0,05$) 28
- Figura 2. Respiração das sementes de *Jatropha curcas* (painel superior) e *Croton blanchetianus* (painel inferior) submetidas a diferentes tempos de estocagem. Letras diferentes (minúsculas para *J. curcas* e maiúsculas para *C. blanchetianus*) denotam diferença significativa ($p \leq 0,05$) 29
- Figura 3. Avaliação da viabilidade das sementes de *Jatropha curcas* (A) e *Croton blanchetianus* (B) através do teste de tetrazólio. Tecido corado de vermelho indica atividade respiratória e viabilidade das sementes 30
- Figura 4. Taxa de germinação (A), tempo médio de germinação (B), sincronia (C), Teor Relativo de Água (D) e Potencial hídrico (E) de sementes de *Croton blanchetianus* submetidas a diferentes tempos de estocagem. Letras diferentes denotam diferença significativa, NS = não significativo ($p \leq 0,05$) 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teor de óleo e concentração de Proteínas solúveis Totais (PST), Aminoácidos Livres Totais (ALT), Carboidratos Solúveis Totais (CST) e Amido (AMI) em sementes de *Jatropha curcas* e *Croton blanchetianus* submetidas a diferentes períodos de estocagem. Letras diferentes denotam diferença significativa ($p \leq 0,05$) 31

Tabela 2. Concentração glicose, frutose e sacarose em sementes de *Jatropha curcas* e *Croton blanchetianus* submetidas a diferentes períodos de estocagem. Letras diferentes denotam diferença significativa ($p \leq 0,05$) 31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PPGBV	Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
<i>i.e.</i>	<i>id est</i>
<i>e.g.</i>	<i>exemplum gratia</i>
CO ₂	dióxido de carbono
ATP	Adenosina Trifosfato
m.a.s.l.	metros acima do nível do mar
TRA	Teor Relativo de Água
IRGA	Analizador de Gases a Infravermelho
NADP	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato
MF	Matéria Fresca
TMG	Tempo Médio de Germinação
Ψ_w	Potencial hídrico
PST	Proteínas Solúveis Totais
ALT	Aminoácidos Livres Totais
CST	Carboidratos Solúveis Totais
AMI	Amido

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	14
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1.ESTOCAGEM DE SEMENTES E ATIVIDADE RESPIRATÓRIA	16
2.2.JATROPHA CURCAS L.	18
2.3.CROTON BLANCHETIANUS BAILL	21
3.MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1.MATERIAL VEGETAL	23
3.2.ESTOCAGEM E AVALIAÇÃO DAS SEMENTES	23
3.3.GERMINAÇÃO DAS SEMENTES	24
3.4.TEOR DE ÁGUA	24
3.5.POTENCIAL HÍDRICO (Ψ_w) DAS SEMENTES	25
3.6.TEOR DE ÓLEO	25
3.7.RESPIRAÇÃO DAS SEMENTES	25
3.8.VIABILIDADE DAS SEMENTES	25
3.9.ANÁLISES BIOQUÍMICAS	26
3.10.ANÁLISES ESTATÍSTICAS	26
4.RESULTADOS	27
4.1.JATROPHA CURCAS	27
4.2.CROTON BLANCHETIANUS	32
5.DISCUSSÃO	34
6.CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXO	47

1.INTRODUÇÃO

Em geral, as sementes apresentam mecanismos naturais que evitam ou favorecem a germinação de acordo com o ambiente no qual se encontram. A necessidade de cultivo de determinadas espécies em diferentes ambientes faz com que os estudos de viabilidade de sementes e germinação sejam cada dia mais importantes e requisitados. No caso de sementes que apresentam dormência, diversas técnicas, como fervura, escarificação mecânica e/ou química, podem ser satisfatórias para a obtenção de uma boa taxa de germinação. Por outro lado, algumas espécies, apresentam um elevado teor de água em suas sementes, o que torna impraticável sua estocagem por médio ou longo prazo. Nesse caso, uma alternativa seria a diminuição do teor de água das sementes de forma a diminuir suas taxas respiratórias, mantendo-as viáveis por mais tempo. O marmeleiro (*Croton blanchetianus* Ball) é um bom exemplo de espécie que apresenta sementes com dormência, devido a imaturidade do embrião coletado com a deiscência do fruto. Por outro lado, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é um exemplo de semente que por reservar uma grande quantidade de água, apresenta uma baixa viabilidade, quando estocada.

A manutenção da viabilidade e vigor das sementes é de extrema importância, uma vez que sementes inviáveis ou que produzem plântulas anormais não são de interesse dos produtores. Para se testar um grupo de sementes se encontra viável, alguns testes podem ser empregados. Estes podem ser diretos, como por exemplo o teste de germinação, ou indiretos, como o teste de tetrazólio. Dentre estes, o teste do tetrazólio tem destaque, pela qualidade e rapidez na determinação da viabilidade das sementes.

Considerando a problemática frente à quebra de dormência e estocagem das sementes, o conhecimento detalhado sobre técnicas que possibilitem a germinação, mesmo depois de um período de estocagem, pode ajudar a criar ferramentas e/ou técnicas que auxiliem no desenvolvimento de estratégias de armazenamento ideal com a conservação da viabilidade das sementes.

É neste prisma que o presente trabalho se pauta, uma vez que pretende estudar os eventos bioquímicos envolvidos durante a estocagem e viabilidade de sementes de duas espécies de Euphorbiaceae.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.ESTOCAGEM DE SEMENTES E ATIVIDADE RESPIRATÓRIA

A estocagem de sementes é uma prática comum e necessária entre produtores em todo o mundo uma vez que as sementes produzidas podem não ser imediatamente comercializadas ou prontamente germinadas. A possibilidade de utilização de sementes em qualquer época do ano dá ao produtor a oportunidade de programar sua utilização para momentos que melhor atenda suas necessidades ou as condições edafoclimáticas da região (VIEIRA et al., 2007). Ademais, em eventos de instabilidade na balança comercial dos países, a estocagem de sementes se torna uma prática quase que obrigatória (JUNQUEIRA; MORABITO, 2008), uma vez que pode levar a conquista de melhores mercados num cenário levemente posterior aquele da colheita. Além disso, uma superprodução de sementes pode gerar prejuízos ao produtor, caso o mercado esteja saturado ou na ocorrência de eventos próprios das balanças comerciais dos países produtores; fato que é agravado quando da ausência de mecanismos eficientes de armazenagem e logística (JUNQUEIRA; MORABITO, 2008). Visto que a qualidade das sementes interfere na taxa de crescimento da plântula, e, como consequência na sua produtividade, se faz necessário o estudo das particularidades da espécie em questão, para que ela possa ser mantida sob condições favoráveis ao armazenamento seguro, sem perda significativa de viabilidade (OLIVEIRA et al., 1999).

O potencial agronômico e a longevidade das sementes são variáveis genéticas intrínsecas da espécie ou cultivares. Estas características determinam, entretanto, como será a interação destas sementes com o ambiente na sua adjacência. Mesmo quando estocadas, as altas temperaturas do ar ou mesmo aquelas existentes no interior dos armazéns de estocagem, bem como a umidade relativa do ar são os maiores problemas enfrentados pelos agricultores nas regiões tropicais (BILIA et al., 1994). Vários autores observaram decréscimos na viabilidade e no vigor das sementes durante o período de armazenamento (MACEDO; GROTH; SOAVE, 1998; CORVELLO et al., 1999; FREITAS et al., 2000; PÁDUA; VIEIRA, 2001; ALVES et al., 2006; MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013) e essa deterioração é associada principalmente, à temperatura e umidade elevadas durante a estocagem (MCDONALD, 1999; PUKACKA; RATAJCZAK; KALEMBA, 2009),

embora, esse mesmo efeito tenha sido verificado em sementes de pinhão-manso estocadas a 4°C (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013). Portanto, a umidade relativa do ar, a temperatura e também o tempo entre a colheita e a germinação, são fatores fundamentais no que diz respeito a conservação das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; CATUNDA et al., 2003; SANTANA; CARVALHO, 2006; MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013).

A respiração celular é um processo natural das células vivas, pois a partir dela as células obtêm a energia (ATP) vital para a realização das reações bioquímicas que permitem a germinação e desenvolvimento do embrião (BROWSE; MØLLER; RASMUSSEN, 2010). Sabe-se, entretanto, que a atividade respiratória reduz-se fortemente durante os estádios latentes da semente, quando ela se torna basal, mas significativa (BOOTH; SOWA, 2001). Contudo, durante o período de maturação, a atividade respiratória das sementes é fortemente intensificada, uma vez que os órgãos de reserva precisam de um maior suprimento energético (VERTUCCI; LEOPOLD, 1984). Entretanto é durante o processo de germinação de sementes oleaginosas que boa parte dos compostos de reserva armazenados são consumidos via Ciclo do Glioxalato, associada ao Ciclo do Ácido Cítrico (THEODOULOU; EASTMOND, 2012) com o aumento ainda mais pronunciado da atividade respiratória. Todavia, é comum a ação de microorganismos saprófitos durante a estocagem de sementes (MORENO-MARTINEZ; RIVERA; BADILLO, 1998), fato que pode provocar o aquecimento das sementes armazenadas (KANO; MÁRQUEZ; KAGEYAMA, 1978), bem como a redução drástica na viabilidade e vigor destas (ROBERTS, 1973; KANO; MÁRQUEZ; KAGEYAMA, 1978; FOWLER; CARPANEZZI, 1998; BRAZ; ROSSETTO, 2008).

A atividade respiratória do embrião é diretamente influenciada por fatores como o teor de umidade e a temperatura onde as sementes foram estocadas. Em geral quanto maior a temperatura e a umidade relativa, maior será a atividade respiratória do embrião (KANO; MÁRQUEZ; KAGEYAMA, 1978; ELLIS; SIMON; COVELL, 1987; DAHAL; KIM; BRADFORD, 1996; AMARANTE et al., 2007). Harrington (1972), afirma que a manutenção da baixa temperatura no período de estocagem da semente possibilitaria o prolongamento da viabilidade das mesmas, uma vez que levaria a redução da atividade das enzimas respiratórias e, por consequência, uma maior longevidade. Por exemplo, ao serem armazenadas sob

temperaturas entre 0°C e -20°C, sementes de cana-de-açúcar mantiveram seu potencial germinativo por até cinco anos (CUENYA; ROMERO; CHAVANNE, 1998; PRASAD; BALASUNDARAM, 2006). Em sementes de *Jatropha curcas* parece que a simples estocagem a baixas temperaturas não assegura a viabilidade da semente (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013). Provavelmente essa inviabilidade do embrião pode ser causada pelo elevado teor de água nas sementes de *J. curcas*, ~18% (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013).

Por outro lado, a exemplo de *Passiflora cincinnata*, o armazenamento das sementes pode ser uma alternativa para a superação da dormência (MELETTI et al., 2005; EL-KEBLAWY; AL-RAWAI, 2006; ZUCARELLI, 2007) uma vez que estas podem apresentar imaturidade fisiológica, de forma que o embrião precisa concluir seu processo fisiológico de maturação para que então possa ser considerado apto a germinar.

Diante da importância econômica e ambiental de diversas espécies, a perda dos compostos de reserva das sementes durante o armazenamento deve ser minimizada. Não há como evitar a deterioração da semente (BERNAL-LUGO; LEOPOLD, 1998); entretanto, com o uso de técnicas adequadas é possível retardar a velocidade com que isso ocorre (RAO; SINGH; RAI, 2006; SCALON; MUSSURY; LIMA, 2012). Um exemplo clássico disso é a redução do teor de água de sementes para prolongar seu período de armazenamento (DOIJODE, 1995; SCHMIDT, 2000; NAGEL; BÖRNER, 2010). Acredita-se que essa técnica deva assegurar a manutenção das reservas e a qualidade do processo germinativo (CATUNDA et al., 2003; MARTINS; SILVA; MELETTI, 2005).

2.2.JATROPHA CURCAS L.

O gênero *Jatropha*, pertencente à família Euphorbiaceae, possui mais de 170 espécies com distribuição irregular nas regiões áridas e semiáridas tropicais das Américas, África e Ásia (SINGH; PANDEY; SINGH, 2013), podendo ser encontrada em maior escala na porção tropical do globo e em número reduzido nas regiões temperadas (HELLER, 1996; GÜBITZ; MITTELBAACH; TRABI, 1999; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO, 2006). O gênero destaca-se por apresentar grande importância econômica, uma vez que possui várias espécies reconhecidas por seus usos

medicinais, ornamentais, bem como empregadas como cercas-vivas, em várias partes do mundo (LEAL; AGRA, 2005). Sua madeira e as cascas dos frutos podem, ainda, ser utilizadas em fornalhas e produção de carvão vegetal (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005). Em países Africanos, é comum a utilização do óleo das sementes na preparação de velas para iluminação, sabonetes e também na medicina popular (WATT; BREYER-BRANDWIJK, 1962). No Brasil, as espécies do gênero *Jatropha* ocorrem em áreas secas do Cerrado e da Caatinga. Dentre estas espécies se destaca a *Jatropha curcas* L., a qual sem dúvida é a espécie mais importante economicamente. Dependendo do habitat, podem ser encontradas na natureza plantas de *J. curcas* variando desde pequenos arbustos com poucas folhas a grandes e frondosas árvores (SUNIL et al., 2013), com alguns casos podendo chegar a mais de 5 metros de altura. Apesar de ainda ter seu centro de origem indeterminado, acredita-se que *J. curcas* seja nativa da América Central, embora a espécie se encontre bem disseminada e adaptada nas regiões que compreendem a América Tropical, Ásia e África (HENNING, 1999). No Brasil, a espécie ocorre naturalmente nas regiões Sudeste, Centro Oeste, Nordeste e Norte, além dos estados de Goiás e Minas Gerais (EPAMIG, 2003).

Conhecida popularmente como pinhão manso, *J. curcas* pode ser cultivada sob diversas condições climáticas, sendo encontrada em áreas que apresentam precipitações entre 250 e 3000 mm anuais (FOIDL et al., 1996; ACHTEN et al., 2008). Vários estudos fisiológicos com *J. curcas* afirmam que a espécie apresenta tolerância ao déficit hídrico (MAES et al., 2009; ACHTEN et al., 2010; POMPELLI et al., 2010; MAES et al., 2011; RANJAN et al., 2012) ou mesmo salino (CAMPOS et al., 2012) e, quando comparada com outras culturas, apresenta um rendimento significativo de semente em qualidade aceitável mesmo em solos desprovidos de um eficiente sistema de irrigação (ABOU-KHEIRA; ATTA, 2009). Assim, *J. curcas* tem sido considerada como uma boa opção de cultivo em áreas marginais, com solos degradados, de baixa fertilidade ou mesmo pedregosos (NUNES, 2007). *J. curcas* é uma cultura perene, contribuindo assim, para a conservação do solo (ABOU-KHEIRA; ATTA, 2009), recuperação de áreas degradadas (ACHTEN et al., 2010) e para o controle da erosão (REUBENS et al., 2011). Por se desenvolver bem em solos que apresentam baixo potencial para a agricultura o plantio de *J. curcas*, não deve competir com outras culturas,

especialmente as alimentícias, quanto ao uso e aproveitamento do solo (POMPELLI et al., 2011). Ademais, diversos estudos apresentam que o óleo das sementes de *J. curcas* pode ser considerado como matéria prima promissora para biocombustível de segunda geração, *i.e.* biocombustível produzido por espécies não comercializadas para alimentação humana (FRANCIS; EDINGER; BECKER, 2005; POMPELLI et al., 2011; KUMAR; CHAUBE; JAIN, 2012; PANDEY et al., 2012), e por este motivo vem sendo cultivada em diversos países, como África do Sul, China, Zimbabué e Índia (BEHERA et al., 2010; JINGURA et al., 2011; WANG et al., 2011; EVERSON; MENGISTU; GUSH, 2013).

Em áreas de cultivo comercial, a depender da qualidade do solo e condições de umidade, *J. curcas* inicia sua vida produtiva já no primeiro ano de cultivo, podendo se manter viável economicamente por pelo menos 30 anos (OPENSHAW, 2000; FRANCIS; EDINGER; BECKER, 2005). Naturalmente, a capacidade de produção de óleo é menor em plantas jovens ou nas em processo de senescência. Assim a maior capacidade produtiva do pinhão-manso é, em geral, atingida em plantas com pelo menos 5 anos de idade (TIWARI; KUMAR; RAHEMAN, 2007). A espécie chega a produzir de 0,4 à 12 toneladas de óleo ha⁻¹ ano⁻¹ (ACHTEN et al., 2010) a depender das condições do clima e de solo. Suas sementes contém entre 25 e 54% de óleo (RATREE, 2004; PAYAWAN; DAMASCO; PIECCO, 2010; POMPELLI et al., 2010; SUNIL et al., 2013), um óleo com uma grande concentração de ácidos graxos insaturados (~73%) (PRAMANIK, 2003), os preferíveis pelas indústrias de biodiesel (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013). Esse fator, quando associado às características previamente relatadas, têm garantido à espécie um lugar de destaque entre as plantas candidatas como alternativa para as indústrias de biocombustível (OPENSHAW, 2000; TIWARI; KUMAR; RAHEMAN, 2007; POMPELLI et al., 2011; PANDEY et al., 2012). Na Índia, há um grande incentivo para a produção de *J. curcas*, a exemplo do projeto 'New Millennium Indian Technology Leadership Initiative'. Este projeto tem como objetivo avaliar a sustentabilidade dos diferentes tipos de solo e condições edafoclimáticas para o cultivo econômico da espécie em diversos habitats (SINGH; SINGH; RAO; et al., 2013; SINGH; SINGH; SHUKLA; et al., 2013). Enquanto isso, no Brasil, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) tem

apresentado o óleo de *J. curcas* como um potencial candidato para a produção de biocombustível (NEGRELLO; ZENTI, 2007; DUARTE, 2008).

2.3.CROTON BLANCHETIANUS BAILL

O gênero *Croton*, o segundo maior e mais diverso da família Euphorbiaceae (GOVAERTS; FRONDIN; RADCLIFFE-SMITH, 2000; BERRY et al., 2005), possui uma distribuição pantropical, mesmo que a maior parte dos seus representantes se desenvolva nas Américas. O gênero apresenta cerca de 1200 espécies, das quais cerca de 350 ocorrem no Brasil (BERRY et al., 2005; CARNEIRO-TORRES et al., 2011). Como característica do gênero, as espécies apresentam grandes quantidades de compostos alcaloides e aromáticos (MILANOWSKI et al., 2002; LOPES et al., 2003). Muitas espécies apresentam látex com propriedades medicinais (SANDOVAL et al., 2002). Sua madeira é utilizada para a construção de cercados nas fazendas ou mesmo para a produção de lenha devido ao grande poder calorífico que apresenta (SANTANA, 2009).

Croton blanchetianus Baill, conhecido popularmente como marmeleiro preto ou simplesmente marmeleiro, possui um porte arbustivo podendo chegar a 6 metros de altura. Floresce nos meses de junho (SILVA; SALES; CARNEIRO-TORRES, 2009), embora essa fenologia possa ser ligeiramente alterada em função das variações climáticas (Pompelli MF; manuscrito em preparação). A espécie apresenta folhas simples, elíptico-ovais, pilosas, com aroma que lembra o óleo de pinho, providas de estípulas grandes, especialmente nos ramos jovens. As flores são pequenas, esbranquiçadas, em espigas terminais. O fruto, em forma de cápsula, possui um formato arredondado e coloração esverdeada, apresenta tricomas e deiscência explosiva, com até três sementes oleaginosas, de cor preta e brilhantes (LORENZI; MATOS, 2002).

C. blanchetianus é uma espécie exclusivamente brasileira, muito comum na região Nordeste do Brasil, sendo uma espécie amplamente dispersa, com populações densas em vegetação de Caatinga, bem como nas bordas das florestas serranas do estado de Pernambuco (GOMES, 2006). Por seu grande potencial pioneiro, a espécie é considerada, por alguns autores, como sendo o principal arbusto colonizador das caatingas sucessionais do Nordeste (BRITO,

2010). Um exemplo disso é o fato de que a espécie raramente é encontrada em áreas não antropizadas, o que a torna importante na regeneração de áreas degradadas, uma vez que, como planta pioneira, poderá ocupar nichos inóspitos para outras espécies, tornando o ambiente propício para a continuidade da sucessão ecológica (SANTANA, 2009).

Dentro destes argumentos, é desejável que haja mais estudos acerca das características fisiológicas das sementes de *C. blanchetianus*, principalmente quando levado em conta a intensificação do desmatamento e aquecimento global, e sua capacidade de tornar-se uma espécie modelo para o estudo das variações do clima sobre a Caatinga (Pompelli MF; manuscrito em preparação), bem como seu possível potencial para utilização na produção de biocombustível.

3.MATERIAL E MÉTODOS

3.1.MATERIAL VEGETAL

Frutos de *Jatropha curcas* foram coletados de plantas adultas, com idade média de oito anos, oriundas de um cultivo experimental na Universidade Federal de Alagoas (09°28'00"S; 35°49'41"O, 131 m asl), no município de Rio Largo, AL. A região é caracterizada por apresentar clima tropical úmido com precipitação anual média de aproximadamente 1500 mm, com estação chuvosa entre os meses de abril e agosto (POMPELLI et al., 2010). As plantas foram provenientes de um banco de semente, abrangendo uma ampla variedade genética. O espaçamento entre as plantas foi de 2 x 2 m, totalizando, aproximadamente, 2500 plantas por ha. Anualmente, durante a estação chuvosa, cada planta recebeu 170 g de fósforo como superfosfato simples. Para equilibrar as taxas de S-SO₄, transportadas pelo fósforo, foi utilizado gesso. As taxas de N e K₂O foram de 350 e 170 g por planta, aplicadas como uréia e cloreto de potássio, respectivamente.

Frutos de *Croton blanchetianus* foram coletados de plantas com idade média de 10 anos, em uma área de regeneração natural localizada na Fazenda Riacho do Papagaio (8°48'39"S; 36°24'01O, 660 m asl), situada no município de São João, PE, Brasil. A identificação da espécie foi feita por um profissional da área e seu exemplar depositado no herbário UFP. A região apresenta clima mesotérmico com precipitação anual média de aproximadamente 550 mm, tem como meses mais chuvosos maio e junho, e temperatura média de 22°C (AGRITEMPO, 2013).

Para ambas as espécies estudadas, os frutos foram coletados em sacos de papel e encaminhados ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal (LEV) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde foram devidamente processados e suas sementes armazenadas conforme metodologia descrita para *J. curcas* (POMPELLI et al., 2010).

3.2.ESTOCAGEM E AVALIAÇÃO DAS SEMENTES

As sementes de *J. curcas* foram armazenadas em caixas plásticas do tipo gerbox (110 mm x 110 mm x 35 mm), contendo sílica gel, onde uma gerbox representa uma unidade experimental, composta por 500 mg de sementes para cada grama de sílica gel. As caixas foram, então, hermeticamente seladas com

Parafilm® (Millipore Corporation, Billerica, MA, USA) e envoltas com duas folhas de papel alumínio para proteção contra a entrada de luz. Todas as caixas foram mantidas em refrigerador a uma temperatura de $4 \pm 2^\circ\text{C}$. A cada dois meses, as caixas gerbox foram abertas, em ambiente escuro, para a troca da sílica gel. Para *C. blanchetianus*, as sementes foram mantidas refrigeradas até o uso em frascos de polipropileno selados com Parafilm® e ao abrigo da luz (POMPELLI et al., 2010).

3.3. GERMINAÇÃO DAS SEMENTES

Em cada um dos tempos previamente descritos, sementes foram retiradas do sistema de estocagem e deixadas para germinar em caixas tipo gerbox forradas com três camadas de papel mata-borão, embebidas com 5 mL de água deionizada autoclavada acrescida de Mycostatin® (100 mg/L), a fim de evitar o crescimento de fungos. As sementes foram previamente esterilizadas em solução de NaClO a 1% por 10 minutos e posteriormente lavadas três vezes em água destilada. As gerbox foram, então, transferidos para câmara de crescimento com temperatura ajustada para $25,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas suportada por lâmpadas fluorescentes do tipo Sylvania cool-white (cool white lamps; Osram Sylvania, Danvers, MA, USA) com intensidade luminosa total de $40 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A avaliação da germinação foi realizada diariamente até que não se verificasse germinação por um período de pelo menos 10 dias consecutivos, conforme recomendação de RANAL; SANTANA (2006). Cada tratamento foi composto por quatro repetições, com 50 sementes cada. Ao final, foram calculados a percentagem de germinação (G) o tempo médio de germinação (TMG) e a sincronia da germinação (E) com o auxílio do programa GerminaQuant versão 1.0 (Pompelli MF; Manuscrito em preparação). Para mais detalhes dos cálculos ver MIRANDA et al. (2013).

3.4. TEOR DE ÁGUA

Para a quantificação do teor de água nas sementes (TRA), em cada um dos períodos descritos anteriormente, três repetições com aproximadamente 10 gramas de semente de *J. curcas* e 2 gramas de semente de *C. blanchetianus* foram pesadas ainda frescas, secas em estufa a 105°C por 24 horas, quando se estimou seu teor de água conforme metodologia descrita por (VERTUCCI, 1993).

3.5.POTENCIAL HÍDRICO (Ψ_w) DAS SEMENTES

O potencial hídrico das sementes foi quantificado com a utilização do Medidor de Potencial Hídrico do Ponto de Orvalho (mod. WP4C; Decagon Devices, Pullman, WA, USA), onde as sementes tiveram suas testas levemente trincadas a ponto de permitir a passagem da água, segundo recomendações do fabricante para uma fiel avaliação do potencial hídrico. Os valores foram obtidos em MPa.

3.6.TEOR DE ÓLEO

Para a análise do teor de óleo, as sementes foram desidratadas em estufa a 48°C por 48 h e posteriormente maceradas, com o auxílio de nitrogênio líquido, a fim de se obter um pó fino. O óleo foi extraído com *n*-hexano em Soxhlet por 8 h [mais detalhes, ver AHMAD; HUSAIN; OSMAN (1981)]. Posteriormente, o solvente foi evaporado em um evaporador rotatório, e o óleo obtido armazenado em frascos âmbar sob congelamento (-20°C). A porcentagem de óleo das sementes foi calculada pela razão de massas.

3.7.RESPIRAÇÃO DAS SEMENTES

Em intervalos de 3 meses para *J. curcas* e de 4 meses para *C. blanchetianus* amostras de sementes foram retiradas dos sistemas de estocagem, e utilizadas para mensuração da atividade respiratória por meio de um analisador de gases a infravermelho (IRGA, mod. Licor 6400-XT; LiCOR, Lincoln, NE, USA), utilizando-se de uma câmara de fluxo de CO₂ (mod. 6400-09; LiCOR, Lincoln, NE, USA). Para cada tempo de estocagem, 10 diferentes amostras foram utilizadas como repetições. Em cada processo de mensuração da respiração líquida, foram realizados três ciclos de 102 segundos, com intervalo de 2 segundos entre as leituras. Durante esse tempo foi acompanhado o aumento na concentração de CO₂ dentro da câmara. O CO₂ de referência foi calibrado, a cada medida, de acordo com a concentração de CO₂ do ambiente (~400 nmol CO₂ m⁻² s⁻¹). A taxa de respiração líquida é dada, portanto em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ semente.

3.8.VIABILIDADE DAS SEMENTES

A viabilidade das sementes foi confirmada pelo teste de coloração por azul de nitrotetrazólio 0,075% conforme proposto por (BREWER, 1949). Nesta técnica, tecidos mortos, não viáveis, não reagem com a solução, conservando a sua cor

natural, enquanto que tecidos com atividade respiratória se coram de vermelho vibrante (POMPELLI; ALVES, 2010).

3.9. ANÁLISES BIOQUÍMICAS

Nos mesmos intervalos descritos anteriormente, amostras contendo 10 sementes para *J. curcas* e 40 sementes para *C. blanchetianus* foram prontamente congeladas em nitrogênio líquido e imediatamente transferidas para freezer à -20°C, onde permaneceram até o uso. Destas amostras mensurou-se a concentração de carboidratos solúveis totais (DUBOIS et al., 1956), amido (TRETHERWEY et al., 1998), proteínas solúveis totais (BRADFORD, 1976) e aminoácidos livres totais (MOORE; STEIN, 1948). Todas essas análises foram determinadas com espectrofotômetro *dual beam*, com comprimento de onda ajustado para cada metodologia pertinente.

Para uma análise pormenorizada das reservas, procederam-se a análise de sacarose, glicose e frutose, como um fracionamento dos açúcares solúveis totais descritos anteriormente. Para tanto, o endosperma das sementes foi macerado em etanol 80% e posteriormente determinado o teor dos açúcares específicos através de análise cinética específica. Para tanto, o método descrito por STITT et al. (1989) foi ajustado e usado neste trabalho. Uma alíquota do extrato foi agregada a um mix contendo: tampão Hepes (50 mM; pH 7,0), MgCl₂ (5 mM), NADP (0,25 mM), ATP (1mM) e Glicose-6-Fosfato Desidrogenase (1 U mL⁻¹). Após estabilização da leitura, foi acrescentado hexoquinase (0,8 U mL⁻¹), fosfoglucoisomerase (1,6 U mL⁻¹) e invertase (8 U mL⁻¹), com intervalos de tempo adaptados para cada determinação, a fim de quantificar os teores de glicose, frutose e sacarose, respectivamente.

3.10. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os a normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e o teste de Brown-Forsyth usado para avaliar a igualdade das variâncias (BROWN; FORSYTH, 1974). Na sequência os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) e as médias foram contrastadas pelo teste de Student Newman Keuls, ou teste t de student com nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram feitas a partir do software Statistica versão 8.0 (StatSoft, Tulsa, OK, USA). Para os dados de germinação, anteriormente a ANOVA, procedeu-

se transformação por $Ar\ coseno\ \sqrt{\frac{x}{100}}$, onde x é a porcentagem de germinação.

4.RESULTADOS

4.1.JATROPHA CURCAS

Verifica-se na Figura 1A que a germinação de *J. curcas* se manteve sem alteração significativa ($p = 0,275$) até seis meses de estocagem. A mesma tendência de estabilização foi verificada em TMG e sincronia (Figura 1B e C). O TRA das sementes de *J. curcas* (Figura 1D) apresentou uma queda significativa a medida que o tempo de estocagem foi aumentado, corroborado pela forte correlação entre estes dois fatores ($r = -0,899$; $p = 0,001$). O Ψ_w de *J. curcas* (Figura 1E) apresentou uma drástica redução nos mesmos tempos ($r = -0,930$; $p = 0,000$). Nesta espécie, enquanto que o TRA diminuiu cerca de 1,6% o Ψ_w caiu cerca de 75% aos seis meses de estocagem, quando comparados as sementes não estocadas (tempo zero).

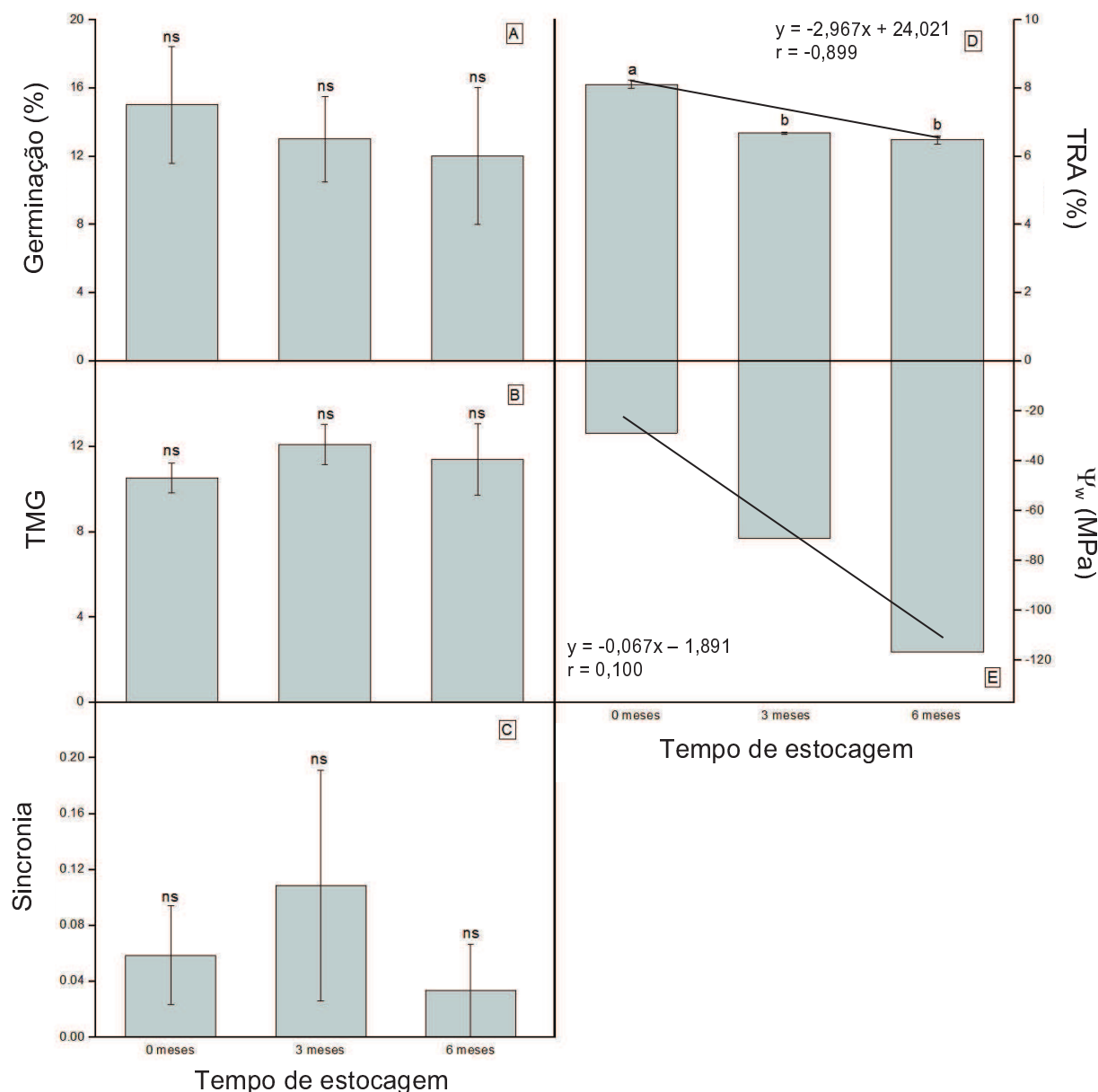


Figura 1. Taxa de germinação (A), tempo médio de germinação (B), sincronia (C), Teor Relativo de Água (D) e Potencial hídrico (E) de sementes de *Jatropha curcas* submetidas a diferentes tempos de estocagem. Letras diferentes denotam diferença significativa, ns = não significativo ($p \leq 0,05$).

A atividade respiratória de *J. curcas* é mostrada na Figura 2. Verifica-se que a atividade respiratória das sementes estocadas por 6 meses foi de $15,9 \pm 1,6$ mmol $\text{CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$, com uma redução de 86% em relação a atividade respiratória das sementes não estocadas ($112,86 \pm 6,02$ mmol $\text{CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ semente). Mesmo com tal redução na atividade respiratória, as sementes se mantiveram vivas, como mostra o teste de tetrazólio (Figura 3A).

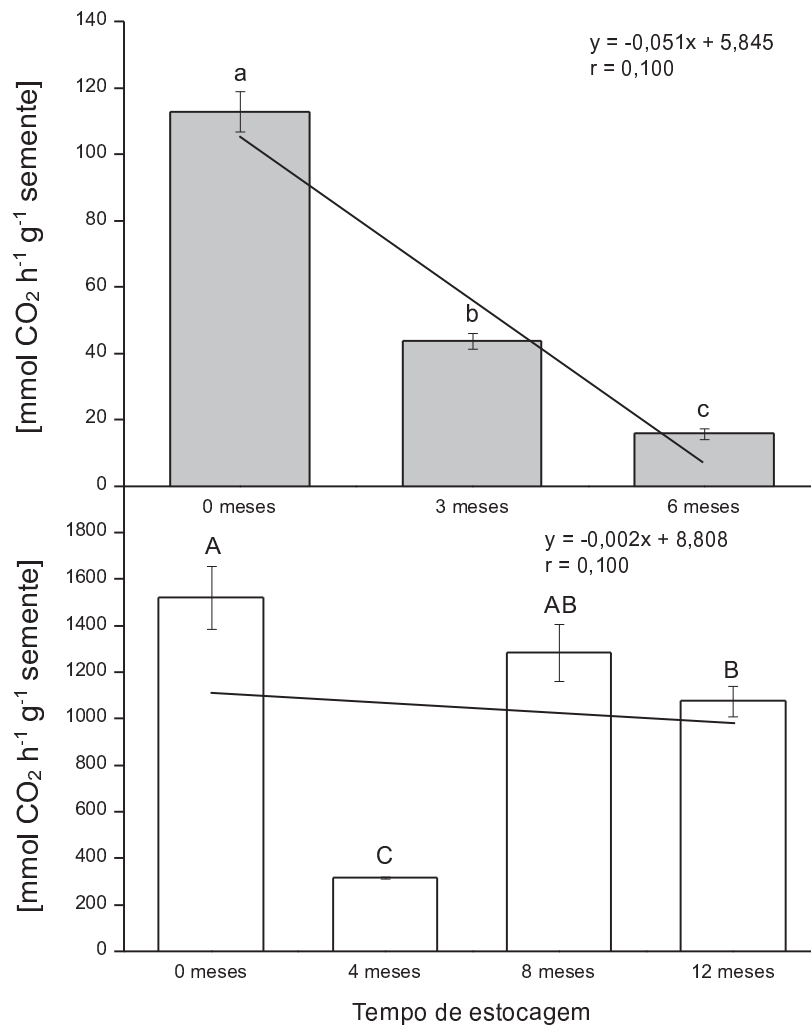


Figura 2. Respiração das sementes de *Jatropha curcas* (painel superior) e *Croton blanchetianus* (painel inferior) submetidas a diferentes tempos de estocagem. Letras diferentes (minúsculas para *J. curcas* e maiúsculas para *C. blanchetianus*) denotam diferença significativa ($p \leq 0,05$).

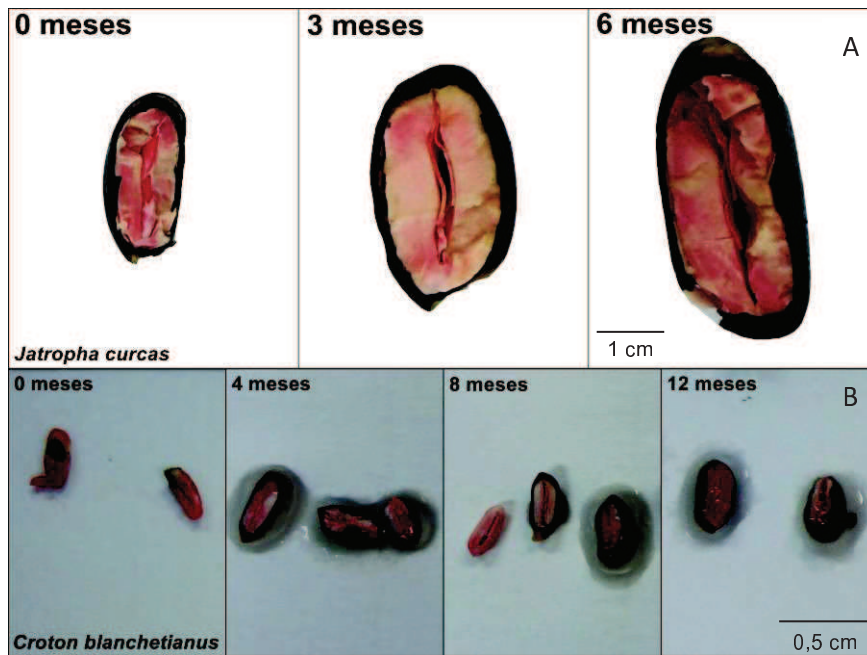


Figura 3. Avaliação da viabilidade das sementes de *Jatropha curcas* (A) e *Croton blanchetianus* (B) através do teste de tetrazólio. Tecido corado de vermelho indica atividade respiratória e viabilidade das sementes.

O tempo de estocagem não ocasionou redução significativa ($p = 0,805$) no teor de óleo das sementes de *J. curcas* após seis meses de estocagem (Tabela 1); entretanto causou um aumento de 165% no teor de proteínas solúveis, 62,4% em ALT e um aumento de cerca de 18% em AMI (Tabela 1) aos seis meses de estocagem, quanto em comparação as médias mostradas nas sementes não estocadas (tempo zero). Por outro lado, a estocagem causou uma sensível redução (16,5%) em CST.

Tabela 1. Teor de óleo e concentração de Proteínas solúveis Totais (PST), Aminoácidos Livres Totais (ALT), Carboidratos Solúveis Totais (CST) e Amido (AMI) em sementes de *Jatropha curcas* e *Croton blanchetianus* submetidas a diferentes períodos de estocagem. Letras diferentes denotam diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Óleo (%)		PST (g kg ⁻¹ MS)		ALT (mmol kg ⁻¹ MS)		CST (mmol kg ⁻¹ MS)		AMI (mmol k ⁻¹ MS)	
J 0 meses	35,28 ± 0,2	a	30,93 ± 2,3	a	14,24 ± 1,3	b	350,64 ± 9,0	a	185,99 ± 9,6	b
J 3 meses	35,05 ± 0,45	a	78,72 ± 3,6	a	19,80 ± 1,8	a	257,03 ± 17,3	b	156,20 ± 5,3	c
J 6 meses	34,69 ± 0,8	a	82,00 ± 3,5	b	23,12 ± 1,1	a	292,78 ± 10,8	b	219,58 ± 2,2	a
C 0 meses	27,23 ± 1,9	a	18,59 ± 2,2	c	48,17 ± 3,7	a	213,33 ± 22,9	a	178,93 ± 20,9	b
C 4 meses	20,13 ± 1,1	a	46,48 ± 4,8	b	36,80 ± 2,2	b	193,73 ± 10,2	a	194,63 ± 13,3	b
C 8 meses	22,32 ± 1,8	a	43,93 ± 4,9	b	25,41 ± 1,8	c	186,19 ± 8,9	a	149,14 ± 1,9	b
C 12 meses	31,87 ± 4,3	a	68,87 ± 6,2	a	31,97 ± 2,2	bc	197,84 ± 2,5	a	248,82 ± 14,1	a

No que diz respeito ao fracionamento de carboidratos, pode-se observar que as sementes de *J. curcas* apresentaram um aumento de cerca de 50% na concentração de glicose ao se comparar as sementes estocadas por seis meses e aquelas sem estocagem (Tabela 2). Por outro lado, após 6 meses de estocagem as sementes dessa espécie apresentaram queda de 27,2% na concentração de sacarose, enquanto que os níveis de frutose se mantiveram constantes durante todo o período de estocagem das sementes.

Tabela 2. Concentração glicose, frutose e sacarose em sementes de *Jatropha curcas* e *Croton blanchetianus* submetidas a diferentes períodos de estocagem. Letras diferentes denotam diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Glicose (mg Kg ⁻¹)		Frutose (mg Kg ⁻¹)		Sacarose (mg Kg ⁻¹)	
J 0 meses	5,35 ± 1,10	b	2,69 ± 0,80	a	4,85 ± 0,23	a
J 3 meses	4,37 ± 0,90	b	2,10 ± 0,30	a	5,48 ± 0,31	a
J 6 meses	8,12 ± 0,39	a	3,62 ± 0,20		3,53 ± 0,21	b
C 0 meses	27,63 ± 1,83	a	3,15 ± 0,13	a	0,80 ± 0,03	a
C 4 meses	18,73 ± 2,15	b	0,75 ± 0,09	b	0,67 ± 0,06	ab
C 8 meses	16,34 ± 1,98	b	1,13 ± 0,12	b	0,46 ± 0,04	b
C 12 meses	15,36 ± 2,12	b	0,81 ± 0,16	b	0,47 ± 0,08	b

4.2.CROTON BLANCHETIANUS

Diferentemente do ocorrido com *J. curcas*, a germinação das sementes de *C. blanchetianus* apresentou um aumento significativo no decorrer do período de estocagem, com aumento de 13% e 16% aos 8 e aos 12 meses, respectivamente (Figura 4A). Por outro lado e devido à baixa frequência de germinação aos 0 e 4 meses tanto TMG quanto a sincronia não foram afetadas pela estocagem, (Figura 4B e C). O TRA foi aumentado (Figura 4D) ao mesmo passo que o tempo de estocagem, com uma elevação de 1,6% aos 12 meses em relação as sementes não estocadas. O Ψ_w destas sementes mostrou uma tendência de elevação com o tempo de estocagem ($r = -0,322$; $p = 0,678$) (Figura 4E).

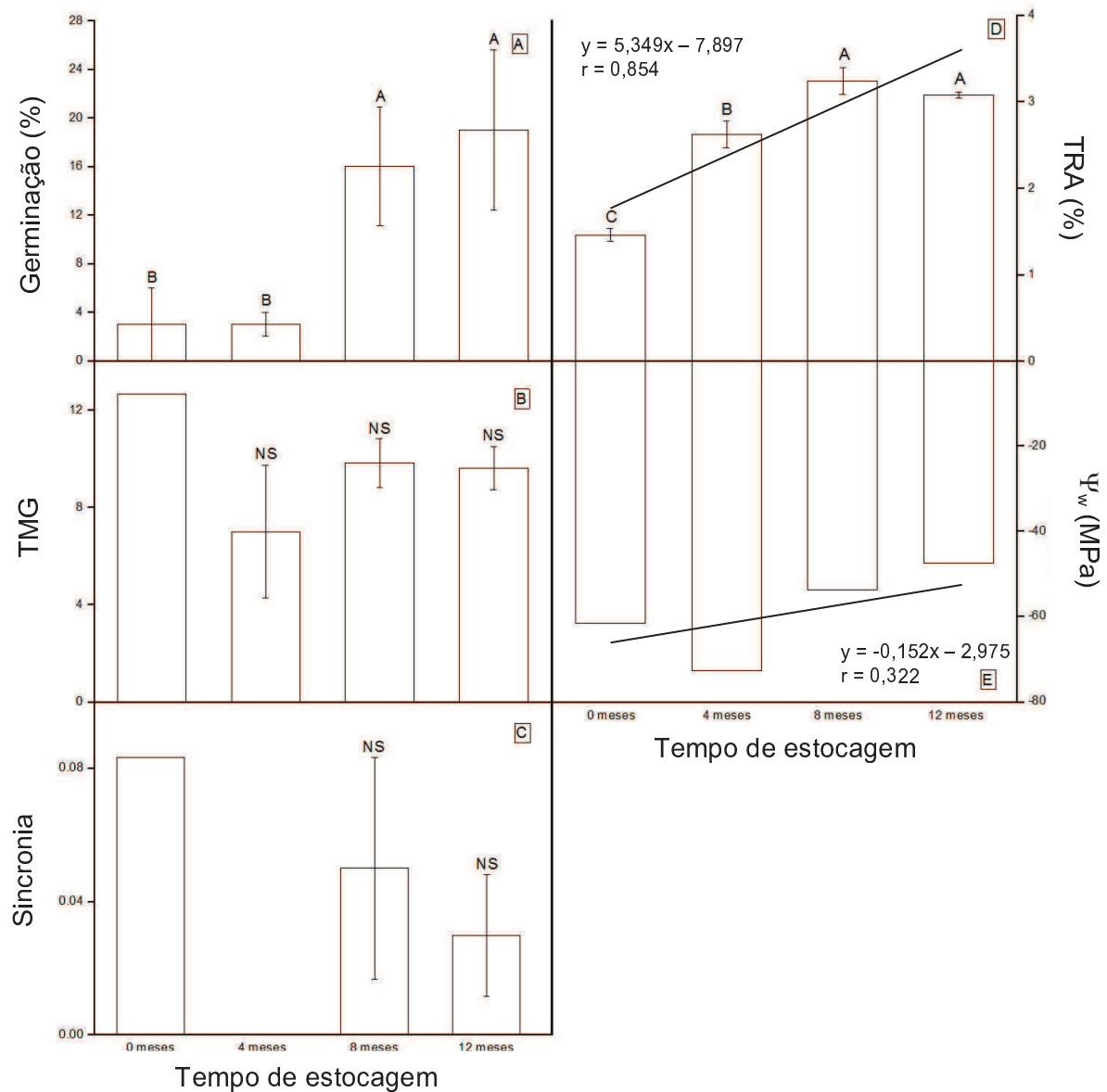


Figura 4. Taxa de germinação (A), tempo médio de germinação (B), sincronia (C), Teor Relativo de Água (D) e Potencial hídrico (E) de sementes de *Croton blanchetianus* submetidas a diferentes tempos de estocagem. Letras diferentes denotam diferença significativa, NS = não significativo ($p \leq 0,05$).

A atividade respiratória de *C. blanchetianus* é mostrada na Figura 2. Verifica-se que a atividade respiratória das sementes estocadas por 8 e 12 meses foi de $1284 \pm 122 \text{ mmol CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ e $1017 \pm 65 \text{ mmol CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$, respectivamente, com uma redução de 16% e 29% neste tempos quando em comparação a atividade respiratória das sementes não estocadas. Igualmente a *J. curcas*, as sementes de *C. blanchetianus* também se mantiveram viáveis durante os 12 meses de estocagem, comprovadas pelo teste de tetrazólio (Figura 3).

Mesmo com uma tendência de queda aos 4 e aos 8 meses o teor de óleo nas sementes de *C. blanchetianus* não foi significativamente ($p = 0,068$) alterado com a estocagem (Tabela 1). Por outro lado, nas sementes estocadas por 12 meses a concentração de PST e AMI foram 270,5% e 39,1% superior a concentração verificada nas sementes não estocadas. Nestes mesmos tempos, o armazenamento das sementes de *C. blanchetianus* causou uma queda significativa nos níveis de ALT (34%) e CST (7,3%).

O fracionamento de carboidratos de reserva em *C. blanchetianus* mostrou que a estocagem das sementes levou a uma queda significativa nas concentrações de glicose, frutose e sacarose, com valores cerca de 1,7; 3,8 e 1,7 vezes menor ao se comparar as sementes armazenadas por 12 meses com aquelas não armazenadas (Tabela 2).

5.DISSCUSSÃO

MONCALEANO-ESCANDON et al. (2013) afirmam que as sementes de *Jatropha curcas* apresentam um alto vigor, porém este pode ser rapidamente perdido com o tempo de estocagem. Por outro lado, o presente trabalho mostrou que não houve diferença significativa nos parâmetros de germinação (*i.e.* taxa de germinação, tempo médio de germinação e sincronia) dessa espécie, mesmo após seis meses de estocagem. Cumpre ressaltar que as percentagens de germinação, mostrada no presente trabalho, são sensivelmente inferiores àquelas descritas por MONCALEANO-ESCANDON et al. (2013). Uma possível explicação para essa variação pode ser devido a utilização de diferentes lotes de sementes nos diferentes trabalhos ou ainda ter sido causado pelo alto índice de contaminação verificado neste trabalho (dados não mostrados). Essa contaminação pode ter sido causada pela possível presença de bactérias e fungos endofíticos associados as sementes (Pompelli MF; manuscrito em preparação). A sensível estabilidade na germinação ao longo dos tempos, pode ter sido consequência da baixa umidade relativa dentro dos gerboxes contendo sílica gel, fato corroborado pela redução do TRA e do Ψ_w das sementes com a estocagem. Como é a diferença de Ψ_w que rege o movimento da água, uma vez que a semente apresente um Ψ_w mais negativo a absorção de água

pela semente se torna mais eficaz, promovendo assim o início do processo germinativo.

As sementes de *Croton blanchetianus* apresentam algum tipo de dormência (E. L. Araújo, comunicação pessoal), que deve ocorrer como forma de proteção do embrião contra o estresse hídrico constantemente presente na região da Caatinga; região onde *C. blanchetianus* é comumente encontrado (GOMES, 2006). Os dados do presente estudo corroboram com esta afirmação, uma vez que as sementes de *C. blanchetianus* apresentaram um aumento significativo em suas taxas de germinação após um ano de estocagem quando comparadas as sementes recém colhidas. O ganho de água pelas sementes de *C. blanchetianus* (Figura 4D) pode estar relacionado ao armazenamento em geladeira, um ambiente frio, porém úmido. Mesmo que sob baixas temperaturas, a atividade metabólica das sementes de *C. blanchetianus* tenha se reduzido, mas não cessado, as mesmas podem absorver água do ambiente onde se encontram.

O teor de óleo de ambas as espécies se manteve inalterado, porém elevado (~35% e 25% em *J. curcas* e *C. blanchetianus*, respectivamente) independentemente do tempo de estocagem. Certamente, este é um dado importante, uma vez que a utilização da *J. curcas* como fonte de óleo para biocombustível está sendo cada vez mais incentivada pelos governos de diversos países (BEHERA et al., 2010; JINGURA et al., 2011; WANG et al., 2011; KUMAR; CHAUBE; JAIN, 2012; PANDEY et al., 2012; EVERSON; MENGISTU; GUSH, 2013) e a manutenção deste frente à estocagem se torna essencial. A procura por espécies oleaginosas alternativas a matriz energética mundial (POMPELLI et al., 2011) também faz com que *C. blanchetianus* se destaque neste perfil. Não se sabe, entretanto, se o perfil de ácidos graxos se manteve o mesmo em ambas as espécies com o passar do tempo de estocagem.

A quantificação da atividade respiratória é uma das metodologias amplamente utilizada para se avaliar o vigor das sementes, uma vez que são mais sensíveis, requerem menos material e não é um método destrutivo (MAESTRI; ALVIM; SILVA, 1998). Essa medição pode ser feita de diversas maneiras, seja através do consumo de O₂, utilizando, por exemplo, o eletrodo de Clark, ou pela medição do CO₂ liberado, com a utilização de um analisador de gases a infravermelho (IRGA) (MAESTRI; ALVIM; SILVA, 1998). POPINIGIS (1977), afirma que o teor de umidade,

a temperatura, a permeabilidade das membranas, bem como a tensão de oxigênio e luz, vão influenciar a velocidade respiratória da semente. Alguns trabalhos afirmam que as alterações responsáveis pela queda do vigor reduzem a taxa respiratória (MENDES et al., 2009). No presente trabalho, foi observada uma redução significativa na taxa de respiração das sementes de *J. curcas* e *C. blanchetianus* (Figura 2) de acordo com o passar do tempo de estocagem, porém essa redução da respiração, pelo menos em *J. curcas* pareceu não afetar os parâmetros germinativos avaliados. Esses dados sugerem que a forma como a qual as sementes foram estocadas contribuiu para a manutenção da viabilidade da semente, e sem maiores interferências no processo de desenvolvimento das mesmas.

Em ambas as espécies estudadas, observou-se uma redução na concentração dos carboidratos solúveis totais, bem como um aumento na concentração de amido; uma evidência circunstancial de que os carboidratos solúveis estão sendo consumidos para a manutenção do embrião ou então para a conversão em amido, que é um dos principais compostos de reserva dos vegetais, para garantir o completo desenvolvimento do embrião e da plântula durante o processo de germinação.

O aumento na concentração de proteínas solúveis totais das sementes de *C. blanchetianus* associado ao decréscimo na concentração dos aminoácidos livres totais e a não alteração nos valores médios de carboidratos solúveis totais (Tabela 1) pode estar ligado ao fato de, possivelmente, a semente não estar completamente desenvolvida. Como foi anteriormente descrito, as sementes de *C. blanchetianus* apresentam algum tipo de dormência, portanto, de acordo com esses dados, pode-se supor que uma possível causa dessa dormência é a dispersão da semente com o embrião ainda não completamente desenvolvido onde o mesmo vai se desenvolvendo com o passar do tempo, vindo a estar apto a germinar perto da próxima estação chuvosa, garantindo assim o seu estabelecimento na área. Uma evidência circunstancial disso é o fato de que as concentrações de amido aumentaram ao longo do processo de estocagem, indicando uma reserva de amido preparatória para suprir o desenvolvimento da plântula durante a germinação.

Pelo menos em *J. curcas* a diminuição das concentrações de sacarose associadas a elevação das concentrações de glicose e a tendência a aumento da

frutose pode sugerir que a sacarose teria sido convertida em glicose e frutose a fim de fornecer a energia para a manutenção do metabolismo do embrião, bem como para a biossíntese de parede celular (ABID et al., 2009). Em contra partida, o decréscimo nas concentrações de glicose, frutose e sacarose nas sementes de *C. blanchetianus* (Tabela 2) podem indicar que o embrião atingiu, ou está próximo de atingir, o seu desenvolvimento completo. Essa afirmação se torna mais consistente ao se avaliar a taxa de germinação das sementes de *C. blanchetianus* (Figura 2), onde foi observado um aumento com o passar do tempo de estocagem, sugerindo que o embrião ainda não estava completamente desenvolvido ao ser disperso.

6.CONCLUSÃO

A estocagem com sílica gel foi eficaz em reduzir o teor de água nas sementes de *Jatropha curcas*, sem interferir negativamente na viabilidade e no teor de óleo delas; A técnica se mostrou eficaz para o armazenamento das sementes de *J. curcas*.

As sementes de *Croton blanchetianus* avaliadas no presente estudo apresentaram indícios de imaturidade fisiológica, o que pode ser a causado pela dormência presente nas sementes dessa espécie.

REFERÊNCIAS

- ABID, G. et al. Role of myo-inositol phosphate synthase and sucrose synthase genes in plant seed development. **Gene**, v. 439, n. 1-2, p. 1-10, 2009.
- ABOU-KHEIRA, A. A.; ATTA, N. M. M. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit: Yield, water use efficiency and oil seed characteristics. **Biomass Bioenerg**, v. 33, n. 10, p. 1343-1350, 2009.
- ACHTEN, W. M. J. et al. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Biomass Bioenerg**, v. 34, n. 5, p. 667-676, 2010.
- ACHTEN, W. M. J. et al. Jatropha bio-diesel production and use. **Biomass Bioenerg**, v. 32, n. 12, p. 1063-1084, 2008.
- ALVES, C. Z. et al. Efeito da temperatura de armazenamento e de fitorreguladores na germinação de sementes de maracujá doce e desenvolvimento inicial de mudas. **Acta Sci. Agron.**, v. 28, n. 3, p. 441-448, 2006.
- AGRITEMPO. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. São José dos Campos, 2013. Disponível em: < www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=BA >. Acesso em: 18 de Novembro.
- AHMAD, M. U.; HUSAIN, S. K.; OSMAN, S. M. Ricinoleic acid in *Phyllanthus niruri* seed oil. **J. Amer. Oil. Chem. Soc.**, v. 58, p. 673-674, 1981.
- ALVES, C. Z. et al. Efeito da temperatura de armazenamento e de fitorreguladores na germinação de sementes de maracujá doce e desenvolvimento inicial de mudas. **Acta Sci. Agron.**, v. 28, n. 3, p. 441-448, 2006.
- AMARANTE, C. V. T. et al. Conservação pós-colheita de pinhões [sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze] armazenados em diferentes temperaturas. **Cienc. Rural**, v. 37, n. 2, p. 346-351, 2007.
- ARRUDA, F. P. et al. Cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido Nordeste. **Rev. Bras. Oleag. Fib.**, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.
- BEHERA, S. K. et al. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass - A case study. **Biomass Bioenerg**, v. 34, n. 1, p. 30-41, 2010.
- BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A. C. The dynamics of seed mortality. **J. Exp. Bot.**, v. 49, n. 326, p. 1455-1461, 1998.
- BERRY, P. E. et al. Molecular phylogenetics of the giant genus *Croton* and tribe Crotonaeae (Euphorbiaceae sensu stricto) using ITS and trnL-trnF sequence data. **Am. J. Bot.**, v. 92, n. 9, p. 1520-1534, 2005.

BILIA, D. A. C. et al. Comportamento de sementes de milho híbrido durante o armazenamento sob condições variáveis de temperatura e umidade relativa do ar. **Sci. Agr.**, v. 51, n. 1, p. 153-157, 1994.

BOOTH, D. T.; SOWA, S. Respiration in dormant and non-dormant bitterbrush seeds. **J. Arid Environ.**, v. 48, n. 1, p. 35-39, 2001.

BRADFORD, M. Rapid and quantitative method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anual Biochem.**, v. 72, p. 284-252, 1976.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Condicionamento fisiológico na germinação e no vigor de sementes armazenadas de café. **Cienc. Rural**, v. 38, n. 7, p. 1849-1856, 2008.

BREWER, H. E. Tetrazolium chloride as a test for damage in artificial cured peanuts. **Science**, v. 110, n. 2861, p. 451-452, 1949.

BRITO, I. C. A. **Alelopatia de espécies arbóreas da Caatinga na germinação e vigor de sementes de feijão macaçar e de milho**. 2010. 54 (Master Scientiae). Mestrado em Zootecnia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

BROWN, M. B.; FORSYTH, A. B. Robust tests for equality of variances. **J. Am. Stat. Assoc.**, v. 69, p. 364-367, 1974.

BROWSE, J.; MØLLER, I. M.; RASMUSSEN, A. G. Respiration and Lipid Metabolism. In: TAIZ, L. e ZEIGER, E. (Ed.). **Plant Physiology**, 5th edition. Sunderland, MA, USA: Sinauer Associates inc., 2010. p.305-342.

CAMPOS, M. L. O. et al. Photosynthesis and antioxidant activity mechanisms in *Jatropha curcas* L. under salt stress. **Braz. J. Plant. Physiol.**, v. 24, n. 1, p. 55-67, 2012.

CARNEIRO-TORRES, D. S. et al. Three new species of Croton (Euphorbiaceae s.s.) from the Brazilian Caatinga. **Brittonia**, v. 63, n. 1, p. 122-132, 2011.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588.

CATUNDA, P. H. A. et al. Influência do teor de água da embalagem e das condições de armazenamento na qualidade de sementes de maracujá amarelo. **Rev. Bras. Sem.**, v. 25, n. 1, p. 65-71, 2003.

CORVELLO, W. B. V. et al. Época de colheita e armazenamento de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Rev. Bras. Sem.**, v. 21, n. 2, p. 28-34, 1999.

CUENYA, M. I.; ROMERO, C. D.; CHAVANNE, E. R. Producción de semilla botánica de caña de azúcar. **Avance Agroind.**, v. 72, n. 1, p. 5-8, 1998.

DAHAL, P.; KIM, N. S.; BRADFORD, K. J. Respiration and germination rates of tomato seeds at suboptimal temperatures and reduced water potentials. **J. Exp. Bot.**, v. 47, n. 7, p. 941-947, 1996.

DOIJODE, S. D. Effect of silica gel and storage containers on seed viability and vigour in onion (*Allium cepa* L.). **Seed Res.**, v. 23, n. 1, p. 67-70, 1995.

DUARTE, A. Esperança nacional. **Biodieselbr**, v. 1, n. 1, p. 24-34, 2008.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal. Chem.**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

EL-KEBLAWY, A.; AL-RAWAI, A. Effects of seed maturation time and dry storage on light and temperature requirements during germination in invasive *Prosopis juliflora*. **Flora**, v. 201, n. 2, p. 135-143, 2006.

ELLIS, R. H.; SIMON, G.; COVELL, S. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. **J. Exp. Bot.**, v. 38, n. 6, p. 1033-1043, 1987.

EPAMIG. Coletânea sobre pinhão-mansão. p. http://www.agroecologia.pro.br/arquivos/aulas/saf/especies_safs/pinhao_mansao.pdf, 2003. Acesso em: 20 de Novembro.

EVERSON, C. S.; MENGISTU, M. G.; GUSH, M. B. A field assessment of the agronomic performance and water use of *Jatropha curcas* in South Africa. **Biomass Bioenerg**, v. 59, n. 1, p. 59-69, 2013.

FOIDL, N. et al. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. **Bioresource Technol.**, v. 58, n. 1, p. 77-82, 1996.

FOWLER, J. A. P.; CARPANEZZI, A. A. Conservação de sementes de angico-gurucaia (*parapiptadenia rigida* (BENTHAM) BRENAN). **Bol. Pesqui. Florest.**, v. 36, n. 1, p. 5-10, 1998.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socioeconomic development in degraded areas in India. Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. **Nat. Res. Forum**, v. 29, p. 12-24, 2005.

FREITAS, R. A. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de algodão durante o armazenamento. **Rev. Bras. Sem.**, v. 22, n. 2, p. 94-101, 2000.

GOMES, A. P. S. **Revisão das espécies sul-americanas de Croton L. subgen Croton sect. Argyroglossum Baill. (Crotonoideae-Euphorbiaceae)**. 2006. 124 (Doutorado em botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GOVAERTS, R.; FRONDIN, D. G.; RADCLIFFE-SMITH, A. **Word Checklist and bibliography of Euphorbiaceae (and Pandaceae)**. London: Kew Publishing, 2000.

GÜBITZ, G. M.; MITTELBAACH, M.; TRABI, M. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. **Biores. Technol.**, v. 67, n. 1, p. 73-82, 1999.

HARRINGTON, J. F. **Seed storage and longevity**. New York: Academic Press, 1972. 416.

HELLER, J. **Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 1996. 66.

HENNING, R. K. *Jatropha curcas* L. in Africa. p. http://www.underutilized-species.org/documents/publications/jatropha_curcas_africa.pdf, 1999. Acesso em: 20 de Novembro.

JINGURA, R. M. et al. Characterisation of land types and agro-ecological conditions for production of *Jatropha* as a feedstock for biofuels in Zimbabwe. **Biomass Bioenerg**, v. 35, n. 5, p. 2080-2086, 2011.

JUNQUEIRA, R. A. R.; MORABITO, R. Planejamento otimizado da produção e logística de empresas produtoras de sementes de milho: um estudo de caso. **Gest. Prod.**, v. 15, n. 2, p. 367-380, 2008.

KANO, N. K.; MÁRQUEZ, F. C. M.; KAGEYAMA, P. Y. Armazenamento de sementes de ipê-dourado (*Tabebuia* sp). **IPEF**, v. 17, n. 1, p. 13-23, 1978.

KUMAR, S.; CHAUBE, A.; JAIN, S. K. Critical review of *Jatropha* biodiesel promotion policies in India. **Energ. Policy**, v. 41, n. 1, p. 775-781, 2012.

LEAL, C. K. A.; AGRA, M. F. Estudo Farmacobotânico Comparativo das folhas de *Jatropha molíssima* (Pohl) Baill. e *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill, (Euphorbiaceae). **Acta Farm. Bonaerense**, v. 24, n. 1, p. 5-13, 2005.

LOPES, D. et al. Essential oil from leaves of *Croton sacaquinha* Benth. **J. Essent. Oil Res.**, v. 15, p. 48-49, 2003.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. 544.

MACEDO, E. C.; GROTH, D.; SOAVE, J. Influência da embalagem e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de algodão. **Rev. Bras. Sem.**, v. 20, n. 2, p. 454-461, 1998.

MAES, M. H. et al. Plant-water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. saplings under different levels of drought stress. **J. Arid. Environ.**, v. 73, n. 10, p. 877-884, 2009.

MAES, W. H. et al. Monitoring stomatal conductance of *Jatropha curcas* seedlings under different levels of water shortage with infrared thermography. **Agr. Forest Meteorol.**, v. 151, n. 5, p. 554-564, 2011.

MAESTRI, M.; ALVIM, P. T.; SILVA, M. A. P. **Fisiologia vegetal: exercícios práticos**. Viçosa: UFV, 1998. 91.

MARTINS, L.; SILVA, W. R.; MELETTI, L. M. M. Conservação de sementes de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* SIMS F. *flavicarpa* deg.). **Rev. Bras. Sem.**, v. 27, n. 1, p. 183-189, 2005.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. **Seed Sci. Technol.**, v. 27, n. 1, p. 177-237, 1999.

MELETTI, L. M. M. et al. **Melhoramento genético do maracujá: passado e futuro**. Brasília: EMBRAPA, 2005. 647.

MENDES, C. R. et al. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. **Rev. Bras. Sem.**, v. 31, n. 2, p. 171-176, 2009.

MILANOWSKI, D. J. et al. Geographic distribution of three alkaloid chemotypes of *Croton lechleri*. **J. Nat. Prod.**, v. 65, n. 6, p. 814-819, 2002.

MIRANDA, R. Q. et al. Germination of *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C seeds under different osmotic potentials and temperature. **Plant Spec. Biol.**, v. *in press*, 2013.

MONCALEANO-ESCANDON, J. et al. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Ind. Crops Prod.**, v. 44, n. 1, p. 684-690, 2013.

MOORE, S.; STEIN, W. H. Photometric ninhydrin method for use in the chromatography of amino acids. **J. Biol. Chem.**, v. 176, n. 1, p. 367-388, 1948.

MORENO-MARTINEZ; RIVERA, A.; BADILLO, M. V. Effect of fungi and fungicides on the preservation of wheat seed stored with high and low moisture content. **J. Stored Prod. Res.**, v. 34, n. 4, p. 231-236, 1998.

NAGEL, M.; BÖRNER, A. The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. **Seed Sci. Res.**, v. 20, n. 1, p. 1-12, 2010.

NEGRELLO, L.; ZENTI, L. Revolução verde. **Biodieselbr**, v. 1, n. 1, p. 12-17, 2007.

NUNES, C. F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2007. 78 (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, J. A. et al. Comportamento de sementes de milho colhidas por diferentes métodos, sob condições de armazém convencional. **Ciên. Agrotec.**, v. 23, n. 2, p. 289-302, 1999.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass Bioenerg**, v. 19, n. 1, p. 1-15, 2000.

PÁDUA, G. P.; VIEIRA, R. D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Rev. Bras. Sem.**, v. 23, n. 2, p. 255-262, 2001.

PANDEY, V. C. et al. *Jatropha curcas*: A potential biofuel plant for sustainable environmental development. **Renew Sust. Energ. Rev.**, v. 16, n. 5, p. 2870-2883, 2012.

PAYAWAN, L. M.; DAMASCO, J. A.; PIECCO, K. W. E. Transesterification of oil extract from locally-cultivated *Jatropha curcas* using a heterogeneous base catalyst and determination of its properties as a viable biodiesel. **Philipp. J. Sci.**, v. 139, n. 1, p. 105-116, 2010.

POMPELLI, M. F.; ALVES, G. D. Fotossíntese e respiração mitocondrial. In: POMPELLI, M. F., et al (Ed.). **Fisiologia vegetal: uma abordagem prática**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2010. p.43-77.

POMPELLI, M. F. et al. Environmental influence on the physico-chemical and physiological properties of *Jatropha curcas* L. seeds. **Aust. J. Bot.**, v. 58, n. 6, p. 421-427, 2010.

POMPELLI, M. F. et al. Crise energética mundial e o papel do Brasil na problemática de biocombustíveis. **Agro. Colomb.**, v. 29, n. 2, p. 361-371, 2011.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Agiplan, 1977. 289.

PRAMANIK, K. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. **Renew Energ.**, v. 28, n. 2, p. 239-248, 2003.

PRASAD, R. N.; BALASUNDARAM, N. Conservation of *Saccharum spontaneum* as defuzzed true seed. **Sugar Tech.**, v. 8, n. 1, p. 112-115, 2006.

PUKACKA, S.; RATAJCZAK, E.; KALEMBA, E. Non-reducing sugar levels in beech (*Fagus sylvatica*) seeds as related to withstanding desiccation and storage. **J. Plant Physiol.**, v. 166, n. 13, p. 1381-1390, 2009.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Rev. Bras. Bot.**, v. 29, p. 1-11, 2006.

RANJAN, S. et al. Photosynthetic performance of *Jatropha curcas* fruits. **Plant. Physiol. Bioch.**, v. 52, n. 1, p. 66-76, 2012.

RAO, R. G. S.; SINGH, P. M.; RAI, M. Storability of onion seeds and effects of packaging and storage conditions on viability and vigour. **Sci. Hortic-Amsterdam**, v. 110, n. 1, p. 1-6, 2006.

RATREE, S. Preliminary study on physic nut (*Jatropha curcas* L.) in Thailand. **Pak. J. Biol. Sci.**, v. 7, n. 9, p. 1620-1623, 2004.

REUBENS, B. et al. More than biofuel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control. **J. Arid. Environ.**, v. 75, n. 2, p. 201-205, 2011.

ROBERTS, E. H. Loss of viability : ultrastructural and physiological aspects. **Seed Sci. Technol.**, v. 1, n. 1, p. 529-545, 1973.

SANDOVAL, M. et al. Sangre de grado *Croton palanostigma* induces apoptosis in human gastrointestinal cancer cells. **J. Ethnopharmacol**, v. 80, p. 121-129, 2002.

SANTANA, A. M. S.; CARVALHO, R. I. N. Viabilidade e capacidade de armazenamento de sementes de carqueja em três municípios no Paraná. **Sci. Agra.**, v. 7, n. 1-2, p. 15-20, 2006.

SANTANA, J. A. S. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Croton sonderianus* Muell. Arg. (marmeleiro) na Caatinga da estação ecológica de Seridó. **Revista Verde**, v. 4, n. 3, p. 85-90, 2009.

SATURNINO, H. et al. Cultura do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). **Inf. Agropec.**, v. 26, p. 44-78, 2005.

SATURNINO, H. M. **Implantação de unidades de validação de tecnologia pinhão-mansão**. Nova Porteirinha: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2006. 5.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; LIMA, A. A. A. Germination of *Croton urucurana* L. seeds exposed to different storage temperatures and pre-germinative treatments. **An. Acad. Bras. Ciên.**, v. 84, n. 1, p. 191-200, 2012.

SCHMIDT, L. Seed storage. In: SCHMIDT, L. (Ed.). **Guide to handling of tropical and subtropical forest seed**. New York: Danida Forest Seed Centre, 2000. p.511-541.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

SILVA, J. S.; SALES, M. F.; CARNEIRO-TORRES, D. S. O gênero *Croton* (Euphorbiaceae) na microrregião do vale do Ipanema, Pernambuco, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 4, p. 879-901, 2009.

SINGH, B. et al. Agro-technology of *Jatropha curcas* for diverse environmental conditions in India. **Biomass Bioenerg**, v. 48, n. 1, p. 191-202, 2013.

SINGH, B. et al. Agro-technology of *Jatropha curcas* for diverse environmental conditions in India. **Biomass Bioenerg**, v. 48, n. 1, p. 191-202, 2013.

SINGH, B. et al. The field performance of some accessions of *Jatropha curcas* L. (biodiesel plant) on degraded sodic land in North India. **Int. J. Green Energ.**, v. 10, n. 10, p. 1026-1040, 2013.

SINGH, R.; PANDEY, R. M.; SINGH, B. Genetic association, divergence and variability studies for seed yield and oil content and its contributing traits in *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.). **J. Med. Plants Res.**, v. 7, n. 26, p. 1931-1939, 2013.

STITT, M. et al. Metabolite levels in specific cells and subcellular compartments of plant leaves. **Method. Enzymol.**, v. 174, n. 1, p. 518-552, 1989.

SUNIL, N. et al. Minimal descriptors for characterization and evaluation of *Jatropha curcas* L. germplasm for utilization in crop improvement. **Biomass Bioenerg**, v. 48, n. 1, p. 239-249, 2013.

THEODOULOU, F. L.; EASTMOND, P. J. Seed storage oil catabolism: a story of give and take. **Cur. Opin. Plant Biol.**, v. 15, n. 3, p. 322-328, 2012.

TIWARI, A. K.; KUMAR, A.; RAHEMAN, H. Biodiesel production from jatropha oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids: An optimized process. **Biomass Bioenerg**, v. 31, n. 8, p. 569-575, 2007.

TRETHEWEY, R. N. et al. Combined expression of glucokinase and invertase in potato tubers leads to a dramatic reduction in starch accumulation and a stimulation of glycolysis. **Plant J**, v. 15, n. 1, p. 109-118, 1998.

VERTUCCI, C. W. Predicting the optimum storage conditions for seeds using thermodynamic principles. **J. Seed Technol.**, v. 17, n. 2, p. 41-52, 1993.

VERTUCCI, C. W.; LEOPOLD, A. C. Bound water in soybean seed and its relation to respiration and imbibitional damage. **Plant Physiol.**, v. 75, p. 114-117, 1984.

VIEIRA, A. R. et al. Armazenamento de sementes de cafeeiro: ambientes e métodos de secagem. **Rev. Bras. Sem.**, v. 29, n. 1, p. 76-82, 2007.

WANG, R. et al. Production and selected fuel properties of biodiesel from promising non-edible oils: *Euphorbia lathyris* L., *Sapium sebiferum* L. and *Jatropha curcas* L. **Bioresource Technol.**, v. 102, n. 2, p. 1194-1199, 2011.

WATT, J. M.; BREYER-BRANDWIJK, M. G. **The medicinal and poisonous plants of southern and eastern Africa**. Edinburgh: E.&S. Livingstone, 1962. 1457.

ZUCARELLI, V. **Germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast: fases, luz, temperatura e reguladores vegetais**. 2007. 111 (Mestrado em Botânica). Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ANEXO

Let your
research do
the **talking**.

Let **Wiley Editing Services** provide you with expert
help to ensure your manuscript is ready for submission

Find out more and submit your manuscript

WILEY

Journal of Agronomy and Crop Science

© Blackwell Verlag GmbH



Edited By: J.M. Greef

Impact Factor: 2.151

ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2012: 17/78 (Agronomy)

Online ISSN: 1439-037X